

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-209829

(43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.Cl.

H02K 21/22  
H02K 3/28

(21)Application number : 11-008979

(71)Applicant : JAPAN SERVO CO LTD

(22)Date of filing : 18.01.1999

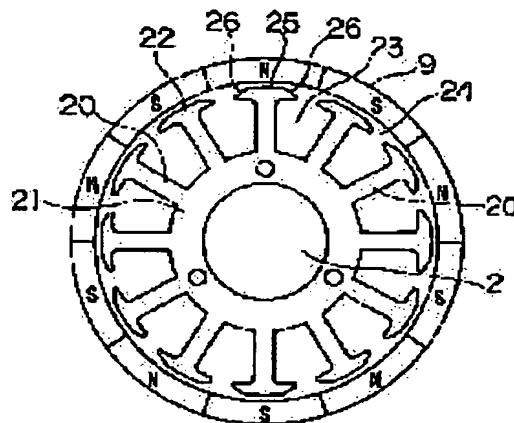
(72)Inventor : ABUKAWA TOSHIMI  
ONISHI KAZUO  
TAKASHINA YUJI  
HATORI SACHIO  
ISHITA KIYOTOMO

## (54) ROTARY ELECTRIC MACHINE INCLUDING CENTRALIZED WINDING STATOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce fluctuation of rotation, vibration and noise by forming a pole piece provided at the end of each stator magnetic pole in such a shape that a gap formed between the pole piece and rotor becomes large toward both ends.

**SOLUTION:** A stator 2 is composed of 12 magnetic poles 20 arranged in the diameter direction at an annular yoke 21 and pole pieces 22 projected to the right and left from the end part of the stator magnetic poles 20 in the rotating direction of a permanent magnet 9 and the pole piece 22 is formed of a center arc portion 25 formed in the shape of an arc around the center of the shaft and a flat sloping part 26 at the end part near the slit 24. The magnetic flux density of the central arc portion 25 is flat and the gap gradually changes toward the slit at the flat sloping portion 26. Thereby, since the magnetic flux density changes gradually, change of magnetic field energy is small and cogging torque is reduced to a large extent. Accordingly, pulse torques becomes small and a motor obtained assures small fluctuation of rotation and vibration and noise can also be reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.12.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-209829

(P2000-209829A)

(43)公開日 平成12年7月28日(2000.7.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 2 K 21/22  
3/28

識別記号

F I

H 0 2 K 21/22  
3/28

テマコード<sup>\*</sup>(参考)

M 5 H 6 0 3  
J 5 H 6 2 1

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-8979

(22)出願日 平成11年1月18日(1999.1.18)

(71)出願人 000228730

日本サーボ株式会社  
東京都千代田区神田美土代町7

(72)発明者 虻川 俊美

群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サーボ株式会社研究所内

(72)発明者 大西 和夫

群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サーボ株式会社研究所内

(74)代理人 100062982

弁理士 澤木 誠一 (外1名)

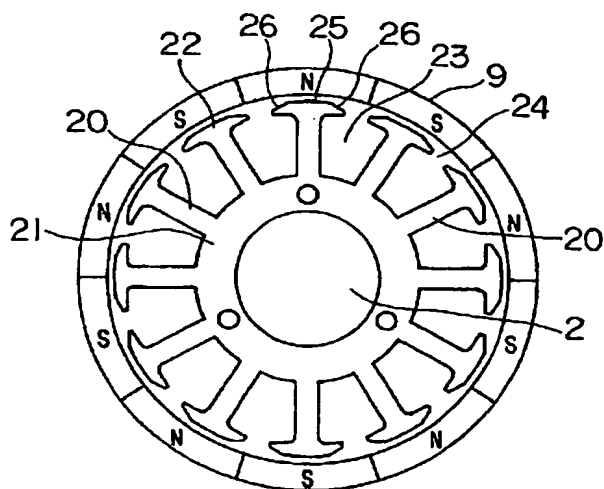
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 集中巻固定子を有する回転電機

(57)【要約】

【課題】 従来の集中巻固定子を有する回転電機においては、ポールピース先端部の磁束密度が急激に変化するため、磁気エネルギーの変化分が大きく、大幅なコギングトルクの低減と脈動トルク・振動・騒音の低減が得られない欠点があった。

【解決手段】 本発明の集中巻固定子を有する回転電機においては、永久磁石極数Pと固定子磁極Mの関係を  $P:M=6n\pm 2:6n$  ( $n$ は2以上の整数)とし、各固定子磁極の先端に設けたポールピースを左右の平坦傾斜部と中央円弧状部により構成し、上記平坦傾斜部の広がり角と中央円弧状部の広がり角の比を0.2~0.7とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 円環状ヨークに径方向に配置されたM個の固定子磁極と、この各固定子磁極の先端から周方向に左右に張り出したポールピースと、上記固定子磁極に巻装した巻線とより成る固定子と、この固定子に空隙を介して対向するよう回転自在に保持されたP個の磁極を有する永久磁石を備えた回転子とを備え、上記永久磁石極数Pと、固定子磁極数Mとを $P:M=6n-2:6n$

(但し、nは2以上の整数)の関係とした集中巻固定子を有する回転電機において、上記各固定子磁極の先端に設けたポールピースの形状を両端部に向ってポールピースと回転子間に形成される空隙が拡大するように構成したことを特徴とする集中巻固定子を有する回転電機。

【請求項2】 円環状ヨークに径方向に配置されたM個の固定子磁極と、この各固定子磁極の先端から周方向に左右に張り出したポールピースと、上記固定子磁極に巻装した巻線とより成る固定子と、この固定子に空隙を介して対向するよう回転自在に保持されたP個の磁極を有する永久磁石を備えた回転子とを備え、上記永久磁石極数P、固定子磁極数Mとを $P:M=6n+2:6n$ (但し、nは2以上の整数)の関係とした集中巻固定子を有する回転電機において、上記各固定子磁極の先端に設けたポールピースの形状を両端部に向ってポールピースと回転子間に形成される空隙が拡大するように構成したことを特徴とする集中巻固定子を有する回転電機。

【請求項3】 上記ポールピースを左右の平坦傾斜部と中央円弧状部により構成したことを特徴とする請求項1または2記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機。

【請求項4】 上記ポールピースを左右対称に接続する円弧面により構成したことを特徴とする請求項1または2記載の集中巻固定子を有する回転電機。

【請求項5】 上記ポールピースの平坦傾斜部の広がり角と中央円弧状部の広がり角の比を0.2~0.7としたことを特徴とする請求項3記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は集中巻固定子を有する回転電機、特に、コギングトルクを大幅に低減し、所定のモータトルクが得られ、しかも低振動・低騒音で高効率である集中巻固定子を有する永久磁石回転電機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】コギングトルクは、永久磁石回転子の極数Pと固定子の磁極数Mとの最小公倍数に反比例する。そこで、永久磁石回転子の極数Pを16、固定子の磁極数Mを12に構成し、各固定子磁極の左右に回転子回転方向に同じ量の小さな張出しを有するポールピースを設けたA群の固定子磁極3個と、各固定子磁極の左側に小

さな、かつ右側に大きな張出しを有するポールピースを設けたB群の固定子磁極3個と、各固定子磁極の左側に大きな、かつ右側に小さな張出しを有するポールピースを設けたC群の固定子磁極6個とを備えた電動機が特開平4-247号に開示されている。

【0003】更に、永久磁石回転子の極数Pと固定子の磁極数Mの関係を $P:M=6n\pm2:6n$ (但し、nは2以上の整数)に構成したブラシレスモータが特開昭62-110468号に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】然しながら、上記特開平4-247号に示すものは、永久磁石回転子の極数Pが16極、固定子磁極数Mが12のため、巻線の有効活用度を示す巻線係数が0.866と小さく、モータの発生トルクが小さい。また、コギングトルクに関係する前記永久磁石回転子の極数Pと固定子磁極数Mの最小公倍数は48と小さく、しかもコギングトルクは、従前公知の同じ磁極構成でのコギングトルクの振幅を1.0として、ポールピースの形状を特定することで、低減効果(コギングトルクの振幅比)が0.35と、図11Aのものが図11Bに示すようにピーク・ピーク値で約1/3低減するだけで、脈動トルクの低減効果が低い電動機であった。更に、永久磁石回転子の極数Pが16極と大きいと、所定の回転数におけるモータの基本周波数f(例えば、1800rpm時、 $f=(1800/60)\times8=240\text{Hz}$ )が高く、固定子磁極で発生する鉄損(fの1.5から1.7乗に比例)が大きく、効率の悪い電動機であった。

【0005】一方、ポールピースの張出し量がA群では小さく、B、C群では左又は右側どちらか一方が小さく構成されているため、永久磁石回転子から固定子磁極に入射し、コイルに鎖交する磁束量が小さいため、モータトルクが小さい欠点がある。更にポールピース張出し量が小さく、張出し間に形成されるスリット幅が広くなるため、スロット内に巻回されるコイルが崩れる恐れがあり、コイルを多数本巻回することができず、占積率が小さく、高出力化には不向きで、効率の低い電動機であった。

【0006】一方、上記特開昭62-110468号に示すものは、永久磁石回転子の極数Pと固定子磁極数Mの関係を $P:M=6n\pm2:6n$ (n=2以上の整数)で例えば、 $P:M=14:12$ 又は $10:12$ で構成され、その巻線係数も0.933と大きく、モータ発生トルクも大きい。また、コギングトルクに関係する上記最小公倍数は前者が84、後者が60と大きく、最小公倍数に反比例するコギングトルクは前記特開平4-247号のものよりは小さい。しかし従前公知の特開平4-247号に見る最小公倍数が48の構成に対しては、特開昭62-110468号の $P:M=14:12$ のものでは、最小公倍数84であるので低減効果(コギングトル

クの振幅比)が $0.57 (=1.0 \times 48 / 84)$ 、 $P:M=10:12$ のものでは、最小公倍数が60であるので低減効果は $0.8 (=1.0 \times 48 / 60)$ と、前記特開平4-247号のものより低減効果は低く、回転むらや振動・騒音の大きい電動機であった。

【0007】本発明は、従来のものの上述の問題点を解決するようにした集中巻固定子を有する回転電動機を提供することを目的とする。

【0008】本発明の他の目的は、上記の欠点を除き永久磁石回転子の極数 $P$ と固定子磁極数 $M$ の関係を、巻線係数が大きくなる $P:M=6n \pm 2:6n$  ( $n=2$ 以上の整数)にすることにより、所定のモータトルクを得、しかも、固定子磁極先端のポールピースの形状を変えることによってコギングトルクを大幅に低減し、脈動トルクが小さく、振動や騒音を低減した生産性の良い電動機を得ることにある。

【0009】本発明の他の目的は、回転子と固定子の間の空隙の磁束密度分布をスリット部近傍でなだらかにすることにより、高調波成分を低減し、鉄損が小さく、高効率の電動機を得ることにある。更に本発明の他の目的はコイルの巻回数を増加し、占積率を高くすることにより、高出力の電動機を得ることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の集中巻固定子を有する回転電動機は、円環状ヨークに径方向に配置された $M$ 個の固定子磁極と、この各固定子磁極の先端から周方向に左右に張り出したポールピースと、上記固定子磁極に巻装した巻線とより成る固定子と、この固定子に空隙を介して対向するよう回転自在に保持された $P$ 個の磁極を有する永久磁石を備えた回転子とを備え、上記永久磁石極数 $P$ と、固定子磁極数 $M$ とを $P:M=6n-2:6n$  (但し、 $n$ は2以上の整数)の関係とした集中巻固定子を有する回転電動機において、上記各固定子磁極の先端に設けたポールピースの形状を両端部に向ってポールピースと回転子間に形成される空隙が拡大するように構成したことを特徴とする。

【0011】本発明の集中巻固定子を有する回転電動機においては、上記ポールピースの平坦傾斜部の広がり角と中央円弧状部の広がり角の比を $0.2 \sim 0.7$ としたことを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下図面によって本発明の実施例を説明する。

【0013】図1は本発明回転電動機の一実施例を示す一部を切り欠いて示す縦断正面図である。また、図2は本発明の回転電動機の縦断側面図である。

【0014】図1に示す回転電動機1は、固定子2と回転子3とからなる。固定子2は、固定子鉄心5と3相の集中巻された固定子巻線6で構成され、カバー4に取付けられる。回転子3は、カップ状の磁性材からなるホルダ

ー7と、ホルダー7の内周部に配置されている固定子鉄心5と空隙8を介して対向するリング状の例えば、10極に着磁されたフェライト系のプラスチック永久磁石9とより成る。ホルダー7は、アルミもしくは黄銅等の非磁極性体部材からなるブッシュ10に嵌合又はコーキング、かしめ等で固定され、ブッシュ10はシャフト11のローレット部12に圧入されている。カバー4の突起15には、永久磁石9の軸方向端面13と対向する基板14が取付けられる。基板14には、永久磁石9の磁極位置を検出するホール素子16 (U, V, W相の3個)が配置される。回転子3のシャフト11は、カバー4との間にボールベアリング17を介して配置され、板バネ18で軸方向のスラストを調整し、とめ輪19で軸方向に移動しないように固定される。

【0015】図2は、本発明の永久磁石回転電動機の固定子と回転子の径方向断面図で、回転子3の永久磁石9は10極に着磁されている例を示す。

【0016】固定子2は、円環状ヨーク21に径方向に配置した12個の固定子磁極20と、永久磁石9の回転方向に上記固定子磁極20の先端から左右に張り出したポールピース22からなる。上記左右のポールピース22の張り出し量は同一であることが好ましい。

【0017】互に隣接する固定子磁極20間には、なすび形状のスロット23が形成され、ここに固定子巻線6が巻回される。

【0018】更に、互に隣接する固定子磁極20のポールピース22間に形成されるスリット24を介して固定子巻線6を巻回するノズルを通してしめる。このスリット24の数は固定子磁極20と同じ12個となるが、この12個のスリット24の周方向の幅は同一寸法とする。

【0019】図3は、本発明の要部である固定子磁極20の先端から左右に張り出したポールピース22の詳細形状を示し、このポールピース22はシャフト11の軸心 $X'$ を中心とする円弧状に構成された中央円弧状部25と、スリット24に近い先端の平坦斜面部26で構成される。

【0020】上記実施例では、固定子磁極20は12個で構成されているため、1スロットピッチ角度 $\theta_1$ は30度である。中央円弧状部25の中央線 $X-X'$ からの広がり角 $\theta_3$ は8.4度で、平坦斜面部26の広がり角 $\theta_2$ は4度である。また、中央線 $X-X'$ と平坦斜面部の傾斜角 $\theta_4$ は59度である。更に、 $\theta_2$ と $\theta_3$ を加えた角度であるポールピース22の張り出し量は、片側12.4度と大きい。

【0021】図4は、ポールピース22に平坦斜面部26を形成しない比較例を示す。

【0022】図5は図3に示す本発明の実施例と図4に示す比較例の空隙磁束密度分布の説明図である。

【0023】図5において、横軸は空隙部中心の周方向

位置を示し、縦軸は、空隙 8 内の磁束密度を示している。横軸の零は、永久磁石 9 の 1 極分の中央部と固定子磁極 20 の中央線  $X-X'$  が一致した位置である。

【0024】図 3 に示すポールピース 22 に平坦部 26 を形成した本発明の実施例では、実線 a で示すように、中央円弧状部 25 の磁束密度は略フラットで、平坦斜面部 26 では、スリット 24 (図 2 参照) に向い空隙が徐々に変化するので、磁束密度もなだらかに変化する。これに対し比較例として図 4 に示すポールピース 22 が円弧状のみで形成されている構成では、スリット 24 の直近で、空隙が急激に変化し、点線 b で示すように、磁束密度も急激に変化する。このため、永久磁石とポールピースとの間の吸引力の変化によって発生するコギングトルク  $T$  は、(1) 式に示す磁場エネルギーの変化分が大きいので大きくなる。

$$【0025】T = \partial W / \partial \theta \quad \text{----- (1)}$$

【0026】ここで、 $W$  は磁場エネルギー、 $\theta$  は回転子の周方向位置である。

【0027】これに対し、本発明の実施例ではポールピース部の先端が、平坦斜面部のため、磁場エネルギーの変化分が小さくコギングトルクが大幅に低減される。

【0028】図 6 はコギングトルクの実測値を示し、実線 a は図 3 の本発明の実施例のコギングトルク、点線 b は図 4 に示した比較例のコギングトルクを示す。図 6 において、縦軸はコギングトルク値、横軸は、回転子の永久磁石の移動角度 (機械角) である。本発明の図 3 と同一寸法で平坦斜面部がなく円弧状のみのポールピースとした、図 4 に示す比較例のコギングトルクのピーク・ピーク値は点線 b で示すように 250% であるが、本発明の実施例では実線 a で示すように 30% となり、コギングトルクは約  $1/8$  となり、上記特開平 4-247 号の先行技術に対しても大幅に低減される。

【0029】なお、上記実施例では、永久磁石極数  $P$  と固定子の磁極数  $M$  の関係を  $10:12$  の構成で説明したが、 $14:12$  のものでも図 7 に示すように、平坦斜面部のない円弧状中央部のみで構成した点線 b で示すコギングトルク 125% (ピーク・ピーク) に対し、平坦斜面部と円弧状部で構成した実線 a で示すポールピースのものでも、55% と半分以下にコギングトルクを低減することが出来る。また、この実施例でも前記特開昭 62-110468 号に成る公知例に対してはコギングトルクの改善が実現出来ることになる。

【0030】尚、永久磁石の極数  $P$  と固定子磁極数  $M$  とを  $8:12$  とする  $2:3$  の比で構成したものでは、図 12 に点線 b で示すように、平坦傾斜部の無い円弧状中央部のみで構成した場合のコギングトルクのピーク・ピーク値が 480% であるのに対し、同実線 a の平坦傾斜部と円弧状部とを有するものでは 560% と逆に増加してしまうことが確認されている。即ち、永久磁石回転子の極数  $P$  と固定子磁極数  $M$  の組合せについては、 $10:1$

2 の構成が最も大きな低減効果を実現できるものと言える。

【0031】また、図 3 に示す例では、平坦斜面部 26 の角度  $\theta_2$  と、円弧状の中央部 25 の角度  $\theta_3$  の比  $\theta_2/\theta_3$  を 0.48 としたが、 $\theta_2/\theta_3$  が零で平坦斜面部がない図 4 のものに対して、コギングトルクを 30% 以下に低減する実施例の  $\theta_2$  と  $\theta_3$  の比は図 8 に示すように 0.2 から 0.7 付近となる。 $\theta_2/\theta_3$  が 0.7 を超えると、固定子巻線に鎖交する磁束量が 8% 以上低減し、巻線係数が  $P:M=16:12$  の従来例の場合の 0.866 より小さくなり、従ってトルクが低下する。

【0032】このため、コギングトルクを大幅に低減し、所定のモータトルクを得ることができる  $P:M=10:12$  の  $\theta_2/\theta_3$  比は 0.2 から 0.7 の間とするのが好ましい。

【0033】更に、図 3 に示す例においては、傾斜角度  $\theta_4$  を 59 度としたが、 $\theta_2/\theta_3$  の比を変えずに図 9 に示すように平坦傾斜部 26 を鋭角とし、傾斜角  $\theta_4$  を小さくすれば、更にコギングトルクを低減することができる。また、単に傾斜角  $\theta_4$  を大きくしても (但し、80 度以下) コギングトルクを小さくできる。

【0034】なお、図 3 に示す例における平坦傾斜部 26 を湾曲傾斜部としても良い。

【0035】以上、本発明を図 1 に示すアウトロータタイプで説明したが、図 10 に示すように回転子 3 を内側に、固定子 2 を外側に配置したインナーロータタイプのものでも、 $\theta_2/\theta_3$  の比を 0.2 から 0.7 の範囲とすれば、 $P:M$  の比が  $6n-2:6n$  の  $10:12$  の場合、コギングトルクを大幅に低減できる。

【0036】また、以上は電動機で説明したが、発電機に適用しても同様な効果が得られる。

【0037】更に、永久磁石の材質は、ゴム製マグネット、セグメントタイプのフェライトマグネット、ネオジボンドマグネットやネオジ焼結リングマグネット等任意選択可能であることは言うまでも無い。

【0038】図 13 に示す例は、固定子磁極の先端に設けたポールピースの外周面と回転子の内周面間の空隙がポールピースの両端部に向かって拡大するようにポールピースの外周面を、その中央部より両端部の曲率が大きくなるように構成したもので、更に磁束分布がなだらかなって、コギングトルク低減を実現できる。

【0039】

【発明の効果】上記のように、本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機においては、永久磁石極数  $P$  と固定子磁極数  $M$  の比を  $P:M=6n\pm 2:6n$  ( $n$  は 2 以上の整数) の関係とし、ポールピースの先端を左右の傾斜部と、中央円弧状部により構成したことにより、スリット近傍における傾斜部の空隙表面磁束密度がなだらかに分布するようになり、これにより、 $P$  と  $M$  の最小公倍数に反比例するコギングトルクの特性によりコギング

トルクを大幅に低減できるので、脈動トルクも小さくなり回転むらの小さい電動機が得られるようになる。更に、上記磁束密度分布がなだらかなることにより、高調波成分を低減することができるので、振動と、騒音が小さくなる。

【0040】なお、PとMの比が10:12の構成のものでは、傾斜部の広がり角度 $\theta_2$ と中央円弧状部の広がり角度 $\theta_3$ の比が0.2から0.7までは、所定のモータトルクを確保しつつ、コギングトルクを傾斜部のない従来のP:M=10:12のものに対して1/3から1/15と大幅に低減できる。

【0041】特に、P:Mの関係が10:12とMよりPを小さくした関係の構成のものは、P:M=14:12とMよりPを大きくして成るものよりコギングトルクの低減効果大きい。また、P:M=10:12のものはPが10極と小さいため、モータの基本回転周波数も小さくなり、鉄損を低減することができるので、効率がよく、高出力の電動機が得られる。

【0042】更に、固定子磁極Mのポールピースの傾斜部と中央円弧状部を同一寸法で構成すれば、固定子鉄板の回転積み(90度又は180度)作業が出来るので、塑性変形が少なくなり、寸法精度の良い固定子が得られ、しかも、両方向用回転機の固定子として使用できる。

【0043】また、左右のポールピース張り出し量が大きいため、スロット23の面積が大きくなり、ここにコイルを多数巻回できることにより、占積率を高め、高出力で高効率の回転機が得られる等種々の利益がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の回転電機の実施例を示す一部を切り欠いた縦断正面図である。

【図2】本発明の回転電機の縦断側面図を示す。

【図3】本発明の回転電機の固定子磁極のポールピース部の説明図を示す。

【図4】比較例としての固定子磁極のポールピース部の説明図を示す。

【図5】本発明の回転電機の空隙磁束密度分布の説明図を示す。

【図6】本発明の回転電機の永久磁石極数と固定子磁極数の関係を10:12に構成したもののコギングトルクの実測値を示すグラフである。

【図7】本発明の回転電機の永久磁石極数と固定子磁極数の関係を14:12に構成したもののコギングトルクの実測値を示すグラフである。

【図8】本発明の回転電機の永久磁石極数と固定子磁極数の関係を10:12に構成した場合の傾斜部広がり $\theta_2$ と中央部広がり $\theta_3$ の比に対するコギングトルクを示すグラフである。

【図9】本発明の回転電機の他の実施例における固定子磁極のポールピース部の説明図を示す。

【図10】本発明の回転電機の更に他の実施例の説明図を示す。

【図11A】従来技術になる回転電機のコギングトルクの実験値を示すグラフである。

【図11B】従来技術になる他の回転電機のコギングトルクの実験値を示すグラフである。

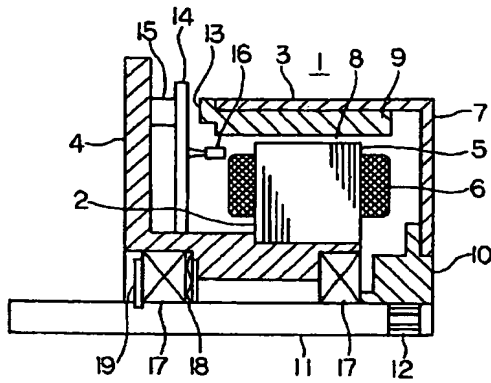
【図12】従来技術になる永久磁石極数と固定子磁極の関係を8:12に構成したもののコギングトルクの実測値を示すグラフである。

【図13】本発明の回転電機の他の実施例の説明図を示す。

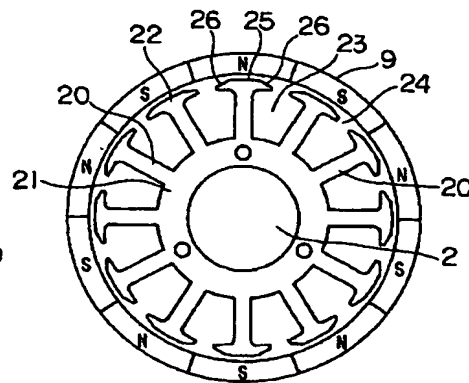
#### 【符号の説明】

|            |          |
|------------|----------|
| 1          | 回転電機     |
| 2          | 固定子      |
| 3          | 回転子      |
| 4          | カバー      |
| 5          | 固定子鉄心    |
| 6          | 固定子巻線    |
| 7          | ホルダー     |
| 8          | 空隙       |
| 9          | 永久磁石     |
| 10         | ブッシュ     |
| 11         | シャフト     |
| 12         | ローレット部   |
| 13         | 端面       |
| 14         | 基板       |
| 15         | 突起       |
| 16         | ホール素子    |
| 17         | ボールベアリング |
| 18         | 板バネ      |
| 19         | とめ輪      |
| 20         | 固定子磁極    |
| 21         | 円環状ヨーク   |
| 22         | ポールピース   |
| 23         | スロット     |
| 24         | スリット     |
| 25         | 中央円弧状部   |
| 26         | 平坦傾斜部    |
| X'         | 軸心       |
| X-X'       | 中央線      |
| a          | 実線       |
| b          | 点線       |
| $\theta_1$ | 角度       |
| $\theta_2$ | 角度       |
| $\theta_3$ | 角度       |
| $\theta_4$ | 角度       |

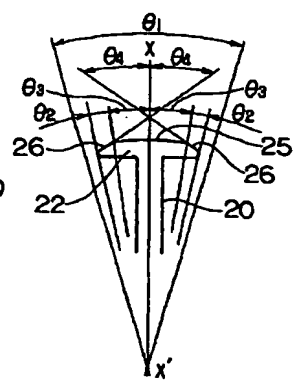
【図1】



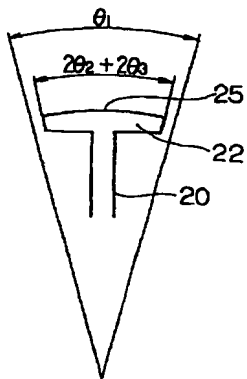
【図2】



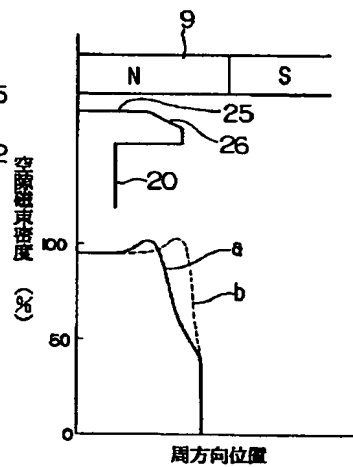
【図3】



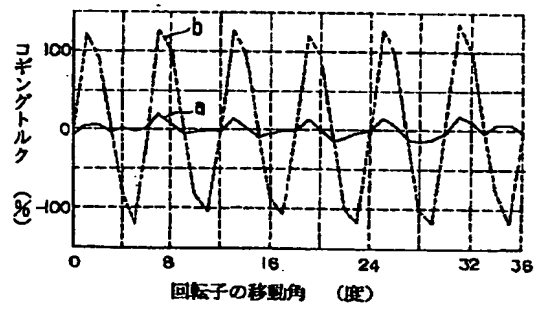
【図4】



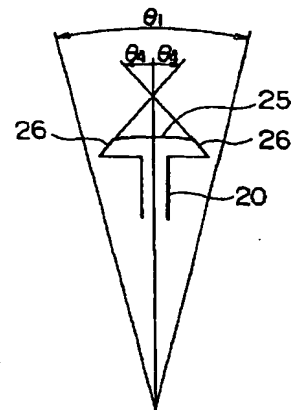
【図5】



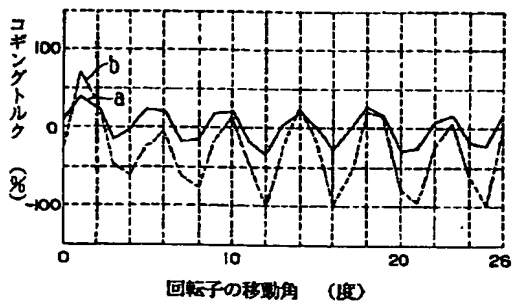
【図6】



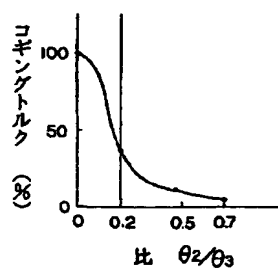
【図9】



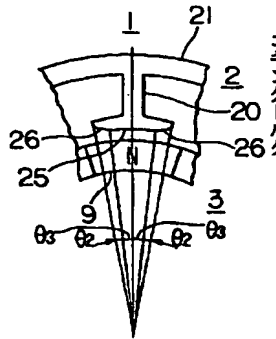
【図7】



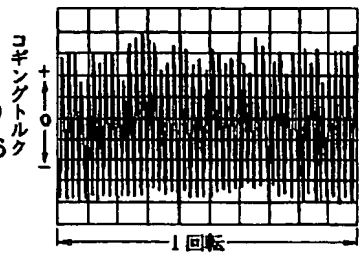
【図8】



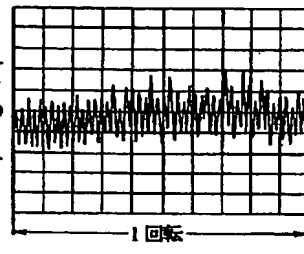
【図10】



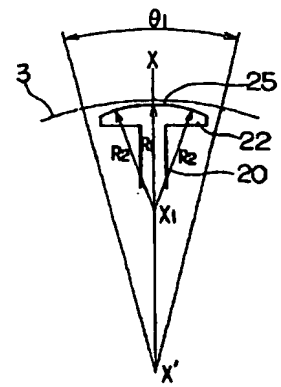
【図11A】



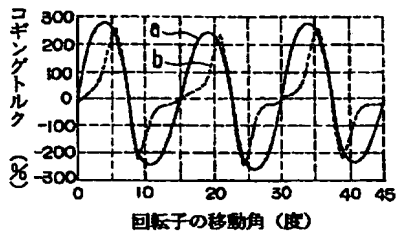
【図11B】



【図13】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 高階 祐二  
群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サ-  
ボ株式会社桐生工場内  
(72)発明者 羽鳥 早千雄  
群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サ-  
ボ株式会社桐生工場内

(72)発明者 井下 清倫  
群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サ-  
ボ株式会社桐生工場内  
Fターム(参考) 5H603 AA01 AA09 BB01 BB08 BB12  
CA01 CA05 CB02 CC05 CC11  
CC17 CD01 CE01 CE13  
5H621 AA02 GA01 GA04 GA12 GA15  
GA16 GB04 JK02 JK05